



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 58 651.9

**Anmeldetag:** 13. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** W. C. Heraeus GmbH & Co KG,  
Hanau/DE

**Bezeichnung:** Stimulationselektrode, sowie deren Herstellung  
und Verwendung

**IPC:** A 61 N 1/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

**Patentanmeldung**

**W.C. Heraeus GmbH & Co. KG**

**Stimulationselektrode, sowie deren Herstellung und Verwendung**

**Patentansprüche**

1. Stimulationselektrode mit einem elektrisch leitenden Elektrodengrundkörper, der teilweise mit einer elektrisch isolierenden Keramikschiicht bedeckt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschiicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) aus einem Oxid und/oder einem Nitrid und/oder einem Oxinitrid mindestens eines Metalles der Gruppe Titan, Niobium, Tantal, Zirkonium, Aluminium und Silizium gebildet ist.
2. Stimulationselektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) aus Titan, Tantal, Gold, Kohlenstoff, Platin, Iridium, einer Platin-Iridium-Legierung, einer auf Kobalt und/oder Nickel basierenden Legierung oder Edelstahl gebildet ist.
3. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) zumindest teilweise mit einer Schicht ( 4c ) aus Iridium und/oder Platin und/oder Iridiumoxid beschichtet ist.
4. Stimulationselektrode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschiicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) auf der Schicht ( 4c ) aus Iridium und/oder Platin und/oder Iridiumoxid angeordnet ist.
5. Stimulationselektrode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschiicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) neben der Schicht (4a) aus Iridium und/oder Platin oder Iridiumoxid auf dem Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) angeordnet ist.

6. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) zumindest teilweise mit einer Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) beschichtet ist.
7. Stimulationselektrode nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) auf der Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) angeordnet ist.
8. Stimulationselektrode nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) neben der Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) auf dem Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) angeordnet ist.
9. Stimulationselektrode nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) auf ihrer dem Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) abgewandten Seite zumindest teilweise mit mindestens einer Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) bedeckt ist.
10. Stimulationselektrode nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) auf der mindestens einen Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) angeordnet ist.
11. Stimulationselektrode nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) neben der Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) und der mindestens einen Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) auf dem Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) angeordnet ist.
12. Stimulationselektrode nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) neben der mindestens einen Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) auf der Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) angeordnet ist.
13. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) aus mindestens einem Element der Gruppe Platin, Iridium und Gold gebildet ist.

14. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) aus einem Oxid, einem Karbid, einem Nitrid oder einem Polymer gebildet ist, wobei die mindestens eine Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) die Impedanz des mit der Titannitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) beschichteten Elektrodengrundkörpers ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) senkt oder auf maximal einen Wert erhöht, der kleiner ist als die Impedanz des unbeschichteten Elektrodengrundkörpers ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ).
15. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsschutzschicht ( 5d, 5e, 5f, 5g ) eine Dicke im Bereich von 500nm bis 5µm aufweist.
16. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) eine Dicke im Bereich von 1nm bis 20µm aufweist.
17. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) eine in sich geschlossene Fläche aufweist.
18. Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) mehrere nicht zusammenhängende Flächen aufweist.
19. Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) durch ein PVD- oder ein CVD- oder ein Tauch- oder ein Sprüh- oder ein Sol-Gel-Verfahren gebildet wird.

20. Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) dadurch gebildet wird, dass eine Metallschicht aus Titan und/oder Niobium und/oder Tantal und/oder Zirkonium und/oder Aluminium und/oder Silizium abgeschieden wird und dass anschließend eine thermische oder elektrochemische oder chemische Oxidation und/oder Nitrierung der Metallschicht erfolgt.
21. Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) dadurch gebildet wird, dass ein Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) aus Titan teilweise thermisch oder elektrochemisch zu Titanoxid oxidiert wird.
22. Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) dadurch gebildet wird, dass ein Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) aus Tantal teilweise thermisch oder elektrochemisch zu Tantalexid oxidiert wird.
23. Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 6 bis 7 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) dadurch gebildet wird, dass die Titanitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) teilweise thermisch oder elektrochemisch zu Titanoxid oxidiert wird, wobei die Oxidation mindestens einen Teil der Schichtdicke der Titanitridschicht ( 4b, 4d, 4e, 4f, 4g ) umfasst.
24. Verfahren nach Anspruch 20, 21, 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Oxidation mittels eines Lasers erfolgt.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht ( 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g ) zuerst vollflächig auf dem unbeschichteten oder beschichteten Elektrodengrundkörper ( 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g ) gebildet wird und dass sie dann teilweise durch Ätzen wieder entfernt wird.
26. Verwendung einer Stimulationselektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 18 als Herzschrittmacherelektrode, Neurostimulationselektrode oder in einem anderen Human-Implantat.

**Patentanmeldung**

**W.C. Heraeus GmbH & Co. KG**

**Stimulationselektrode, sowie deren Herstellung und Verwendung**

Die Erfindung betrifft eine Stimulationselektrode mit einem elektrisch leitenden Elektroden-  
grundkörper, der teilweise mit einer elektrisch isolierenden Keramikschicht bedeckt ist, sowie  
die Verwendung einer solchen Stimulationselektrode. Die Erfindung betrifft weiterhin unter-  
schiedliche Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Stimulationselektrode.

Die EP 1 169 972 A offenbart einen Katheter, der mit einer Stimulationselektrode ausgestattet  
ist. Im Bereich der Stimulationselektrode ist eine elektrisch isolierende sowie thermisch leitfähi-  
ge Schicht angeordnet, die unter anderem aus Keramik gebildet sein kann. Die Dicke der elek-  
trisch isolierenden und thermisch leitfähigen Schicht beträgt dabei  $<10\text{ }\mu\text{m}$ .

Die EP 0 620 024 B1 offenbart eine Stimulationselektrode, die auf der Elektronenspitze eine  
hochohmige Isolationsschicht aufweist. Besonders bevorzugt ist dabei ein diamantähnlicher  
Kohlenstoff, welcher extrem biokompatibel ist. Der diamantähnliche Kohlenstoff kann dabei un-  
ter anderem mit Hilfe von Laser aufgelegt werden. Weiterhin ist offenbart, den gesamten Elek-  
trodenkopf mit einer diamantähnlichen Kohlenstoffschicht zu belegen und danach die Stimulati-  
onsflächen mittels Fotoätzung nach Wunsch freizulegen.

Die US 6,298,272 B1 offenbart eine Herzschrittmacherelektrode, die im Bereich der Elektroden-  
spitze mit einer isolierenden Beschichtung versehen ist. Die isolierende Beschichtung kann da-  
bei z.B. durch Tauchen, Drucken, Aufsprühen, Aufpinseln und Resisttechniken gebildet werden.

Die WO 98/31419 offenbart eine Herzschrittmacherelektrode, bei der die Elektrodenspitze eine  
ringförmige, elektrisch isolierende Umhüllung aufweist. Als Material für diese Umhüllung sind  
dabei Kunststoffe bzw. Elastomere, insbesondere Silikongummi offenbart.

Die DE 35 18 317 A1 offenbart eine Stimulationselektrode, die teilweise mit Isolationsmaterial beschichtet ist. Als Beschichtungsmaterial ist dabei Kunststoff offenbart.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, eine Stimulationselektrode mit sehr guter Biokompatibilität und hoher Langzeitkorrosionsbeständigkeit anzugeben, die gleichzeitig schnell kostengünstig hergestellt werden kann.

Die Aufgabe wird für die Stimulationselektrode dadurch gelöst, dass die Keramikschicht aus einem Oxid und/oder einem Nitrid und/oder einem Oxidnitrid mindestens eines der Metalle der Gruppe Titan, Niobium, Tantal, Zirkonium, Aluminium und Silizium gebildet ist. Diese Materialien weisen eine besonders gute Biokompatibilität auf und können mit ausgezeichneter Haftfestigkeit an elektrisch leitenden Elektrodengrundkörpern angeordnet werden. Die nachfolgende Beschreibung geeigneter Herstellungsverfahren für die Keramikschicht zeigt, dass diese Materialien in einfacher und kostengünstiger Weise einsetzbar sind.

Insbesondere hat es sich dabei bewährt, wenn der Elektrodengrundkörper dabei aus Titan, Tantal, Gold, Kohlenstoff, Platin, Iridium, einer Platin-Iridium-Legierung, einer auf Kobalt und/oder Nickel basierenden Legierung oder Edelstahl gebildet ist.

Weiterhin hat es sich bewährt, wenn der Elektrodengrundkörper zumindest teilweise mit einer Schicht aus Iridium und/oder Platin und/oder Iridiumoxid beschichtet ist. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der Elektrodengrundkörper aus einem zu dieser Schicht unterschiedlichen Material gebildet ist.

Die Keramikschicht kann dabei auf der Schicht aus Iridium und/oder Platin oder Iridiumoxid angeordnet sein. Die Keramikschicht kann aber auch neben der Schicht aus Iridium und/oder Platin und/oder Iridiumoxid auf dem Elektrodengrundkörper angeordnet sein.

Außerdem hat es sich bewährt, den Elektrodengrundkörper zumindest teilweise mit einer Titan-nitridschicht zu beschichten. Dabei kann die Keramikschicht sowohl auf der Titan-nitridschicht angeordnet sein als auch neben der Titan-nitridschicht auf dem Elektrodengrundkörper.

Dabei ist es von Vorteil, wenn die Titan-nitridschicht auf ihrer dem Elektrodengrundkörper abgewandten Seite zumindest teilweise mit mindestens einer Oxidationsschutzschicht bedeckt ist. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Stimulationselektrode mit anodischer Polung

eingesetzt werden soll, da hierdurch die Langzeitbeständigkeit der Stimulationselektrode deutlich erhöht wird.

Die Keramikschicht kann dabei auf der mindestens einen Oxidationsschutzschicht oder aber neben der Titannitridschicht und der mindestens einen Oxidationsschutzschicht auf dem Elektrodengrundkörper angeordnet sein.

Weiterhin ist es möglich, dass die Keramikschicht neben der mindestens einen Oxidationsschutzschicht auf der Titannitridschicht angeordnet ist.

Für die mindestens eine Oxidationsschutzschicht hat es sich insbesondere bewährt, diese aus mindestens einem Element der Gruppe Platin, Iridium und Gold zu bilden. Es ist aber auch möglich, die Oxidationsschutzschicht aus einem Oxid, einem Karbid, einem Nitrid oder einem Polymer zu bilden, wobei die mindestens eine Oxidationsschutzschicht die Impedanz des mit der Titannitridschicht beschichteten Elektrodengrundkörpers senkt oder auf maximal einen Wert erhöht, der kleiner ist als die Impedanz des unbeschichteten Elektrodengrundkörpers.

Vorteilhaft ist dabei eine Dicke der Oxidationsschutzschicht im Bereich von 500 nm bis 5 µm.

Für die Keramikschicht haben sich Dicken im Bereich von 1 nm bis 20 µm bewährt, wobei die Schichtdicke stark vom Herstellungsverfahren abhängt, welches zur Bildung der Keramikschicht verwendet wird.

Die Keramikschicht kann dabei eine in sich geschlossene Fläche aufweisen oder aber aus mehreren nicht zusammenhängenden Flächen gebildet sein.

Die Aufgabe wird für ein erstes Verfahren zur Herstellung der Stimulationselektrode dadurch gelöst, dass die Keramikschicht durch ein PVD- (Physical Vapour Deposition) oder ein CVD- (Chemical Vapour Deposition) oder ein Tauch- oder ein Sprüh- oder ein Sol-Gel-Verfahren gebildet wird. Als geeignete PVD-Verfahren kommen dabei beispielsweise das Kathodenzerstäuben, thermisches Aufdampfen, Elektrodenstrahlverdampfen oder Lichtbogenverdampfen in Betracht.

Die Aufgabe wird für ein zweites Verfahren zur Herstellung der Stimulationselektrode dadurch gelöst, dass die Keramikschicht dadurch gebildet wird, dass eine Metallschicht aus Titan



und/oder Niobium und/oder Tantal und/oder Zirkonium und/oder Aluminium und/oder Silizium abgeschieden wird und dass anschließend eine thermische oder elektrochemische oder chemische Oxidation und/oder Nitrierung der Metallschicht erfolgt. Dieses Verfahren ist in besonders einfacher und kostengünstiger Weise ausführbar.

Die Aufgabe wird für ein drittes Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode mit einem Elektrodengrundkörper aus Titan dadurch gelöst, dass die Keramikschicht gebildet wird, indem der Elektrodengrundkörper teilweise thermisch oder chemisch zu Titanoxid oxidiert wird.

Die Aufgabe wird für ein viertes Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode mit einem Elektrodengrundkörper aus Tantal dadurch gelöst, dass die Keramikschicht gebildet wird, indem der Elektrodengrundkörper teilweise thermisch oder elektrochemisch zu Tantaloxid oxidiert wird.

Das dritte und vierte erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Bildung der Keramikschicht direkt aus dem Material des Elektrodengrundkörpers, so dass ein separater Materialauftrag für die Keramikschicht nicht erforderlich ist.

Die Aufgabe wird für ein fünftes Verfahren zur Herstellung einer Stimulationselektrode, bei welcher der Elektrodengrundkörper zumindest teilweise mit einer Titannitridschicht bedeckt ist, dadurch gelöst, dass die Keramikschicht gebildet wird, indem die Titannitridschicht teilweise thermisch oder elektrochemisch zu Titanoxid oxidiert wird, wobei die Oxidation mindestens einen Teil der Schichtdicke der Titannitridschicht umfasst.

Für das zweite bis fünfte erfindungsgemäße Verfahren hat es sich insbesondere bewährt, die thermische Oxidation mittels eines Lasers vorzunehmen.

Für das erste bis fünfte Verfahren hat es sich weiterhin bewährt, wenn die Keramikschicht zuerst vollflächig auf dem unbeschichteten oder beschichteten Elektrodengrundkörper gebildet wird und dass sie dann teilweise durch Ätzen wieder entfernt wird.

Die Verwendung der erfindungsgemäßen Stimulationselektrode als Herzschrittmacherelektrode, Neurostimulationselektrode, Retinaimplantat, Cochlearimplantat oder in einem anderen Human-Implantat ist ideal.

Zur Veranschaulichung der Erfindung zeigen die Figuren 1 bis 8 beispielhaft erfindungsgemäße Stimulationselektroden, wobei ausdrücklich hinzugefügt wird, dass die Stimulationselektrode auch jegliche andere Form, wie zum Beispiel eine ringförmige, wendelförmige oder flache Ausgestaltung, annehmen kann als die hier dargestellte.

So zeigen:

- Figur 1            eine Stimulationselektrode mit einem Elektrodengrundkörper aus Titan
- Figur 2            eine Stimulationselektrode mit einem Elektrodengrundkörper aus Edelstahl
- Figur 3            eine Stimulationselektrode mit einem Elektrodengrundkörper aus Titan mit einer Titannitridbeschichtung
- Figur 4            eine Stimulationselektrode mit einem Elektrodengrundkörper aus einer Platin-Iridium-Legierung
- Figuren 5 bis 8   Stimulationselektroden mit einem Elektrodengrundkörper aus Titan mit einer Titannitridbeschichtung, die eine Oxidationsschutzschicht aufweist

Figur 1 zeigt die Stimulationselektrode 1 mit einem Elektrodengrundkörper 2 aus Titan, welcher oberflächlich mittels eines Lasers zu einer Keramikschrift 3 aus Titanoxid oxidiert wurde.

Figur 2 zeigt die Stimulationselektrode 1a mit einem Elektrodengrundkörper 2a aus Edelstahl. Auf dem Elektrodengrundkörper 2a ist eine Keramikschrift 3a aus Aluminiumoxid angeordnet, welche durch Elektronenstrahlverdampfen gebildet wurde.

Figur 3 zeigt eine Stimulationselektrode 1b mit einem Elektrodengrundkörper 2b aus Titan. Der Elektrodengrundkörper 2b ist dabei mit einer Titannitridschicht 4b beschichtet. Die Titannitridschicht 4b wurde mittels elektrochemischer Oxidation teilweise unter Bildung der Keramikschrift 3b zu Titanoxid oxidiert.

Figur 4 zeigt eine Stimulationselektrode 1c mit einem Elektrodengrundkörper 2c aus einer Platin - Iridium Legierung mit 10 Gew.-% Iridiumanteil. Der Elektrodengrundkörper 2c ist dabei mit einer Schicht 4c aus Iridiumoxid bedeckt. Auf der Schicht 4c ist eine Keramikschrift 3c aus Tantaloxid angeordnet, welche durch Aufdampfen von metallischem Tantal und nachfolgender thermischer Oxidation des Tantals gebildet wurde.

Figur 5 zeigt eine Stimulationselektrode 1d mit einem Elektrodengrundkörper 2d aus Titan. Der Elektrodengrundkörper 2d ist mit einer Titannitridschicht 4d bedeckt, welche wiederum mit einer Oxidationsschutzschicht 5d aus Iridium überzogen ist. Der Titannitridschicht 4d sowie der Oxidationsschutzschicht 5d aus Iridium ist eine Keramikschiicht 3d aus Titanoxid nebengeordnet, welche direkt auf dem Elektrodengrundkörper 2d angeordnet ist. Die Keramikschiicht 3d ist dabei aus Titanoxid gebildet, welches durch Aufbringen von metallischem Titan und nachfolgender thermischer Oxidation mittels eines Lasers gebildet wurde.

Figur 6 zeigt eine Stimulationselektrode 1e mit einem Elektrodengrundkörper 2e aus Titan. Der Elektrodengrundkörper 2e ist dabei mit einer Titannitridschicht 4e bedeckt, die wiederum teilweise mit einer Oxidationsschutzschicht 5e aus Platin bedeckt ist. In dem Bereich, in welchem die Oxidationsschutzschicht 5e die Titannitridschicht 4e nicht bedeckt, wird durch Oxidation der Titannitridschicht 4e eine Keramikschiicht 3e aus Titanoxid gebildet.

Figur 7 zeigt eine Stimulationselektrode 1f mit einem Elektrodengrundkörper 2f aus Titan, welcher mit einer Titannitridschicht 4f beschichtet ist. Die Titannitridschicht 4f ist teilweise mit einer Oxidationsschutzschicht 5f aus Iridium beschichtet. In den nicht von der Oxidationsschutzschicht 5f bedeckten Bereichen der Titannitridschicht 4f ist die Titannitridschicht 4f oberflächlich in eine Keramikschiicht 3f aus Titanoxid mittels thermischer Oxidation durch einen Laser umgewandelt.

Figur 8 zeigt eine Stimulationselektrode 1g mit einem Elektrodengrundkörper 2g aus Titan, welcher mit einer Titannitridschicht 4g bedeckt ist. Die Titannitridschicht 4g ist wieder mit einer Oxidationsschutzschicht 5g aus einer Platin-Iridium-Legierung bedeckt. Auf der Oxidationsschutzschicht 5g ist eine Keramikschiicht 3g aus Zirkoniumoxid angeordnet, welche durch ein CVD-Verfahren gebildet wurde.

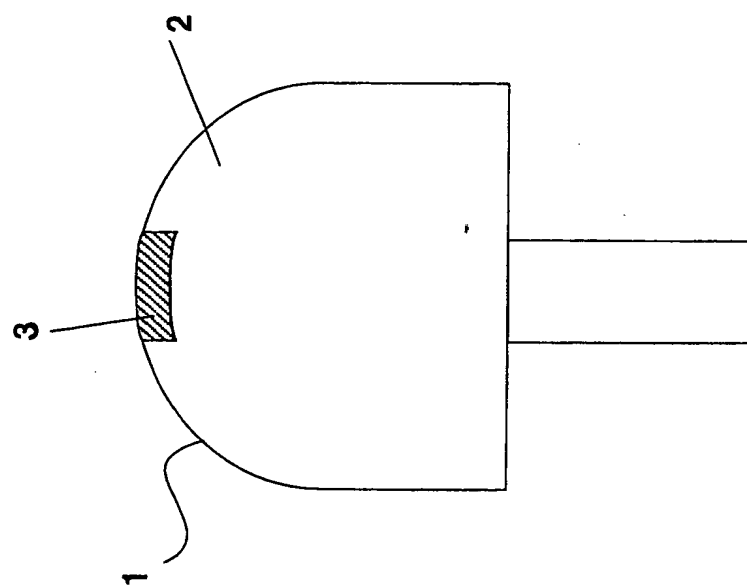


Fig. 1

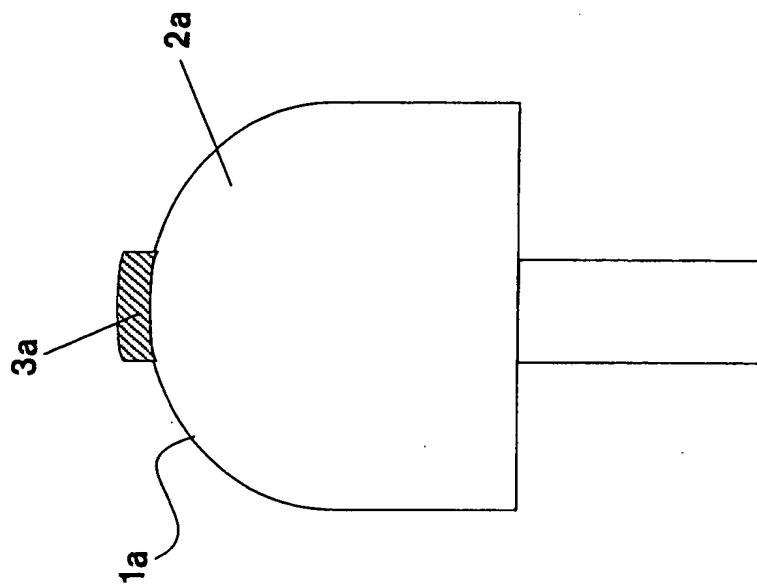


Fig. 2

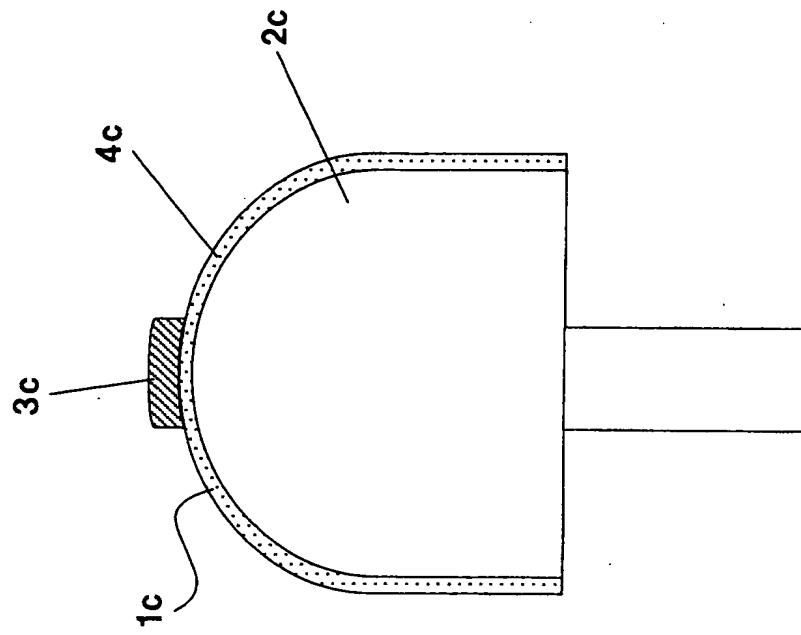


Fig. 3

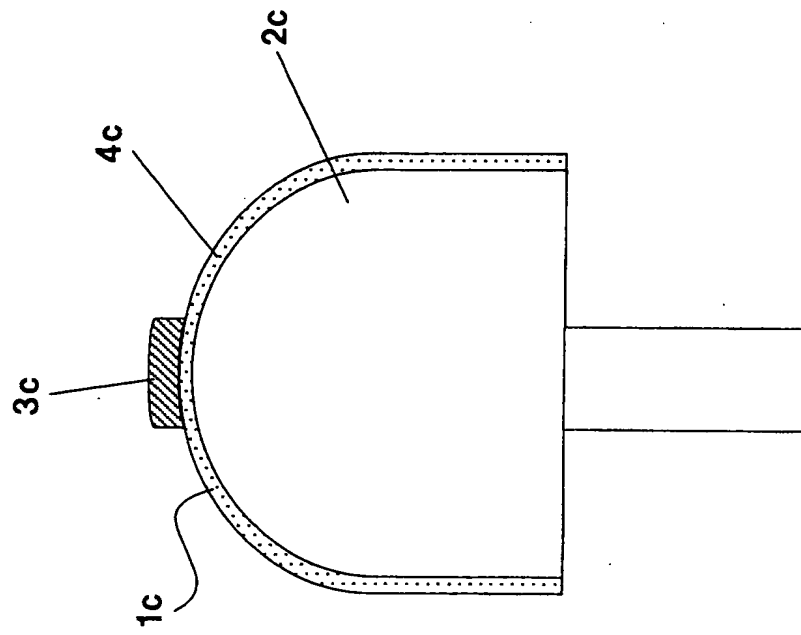


Fig. 4

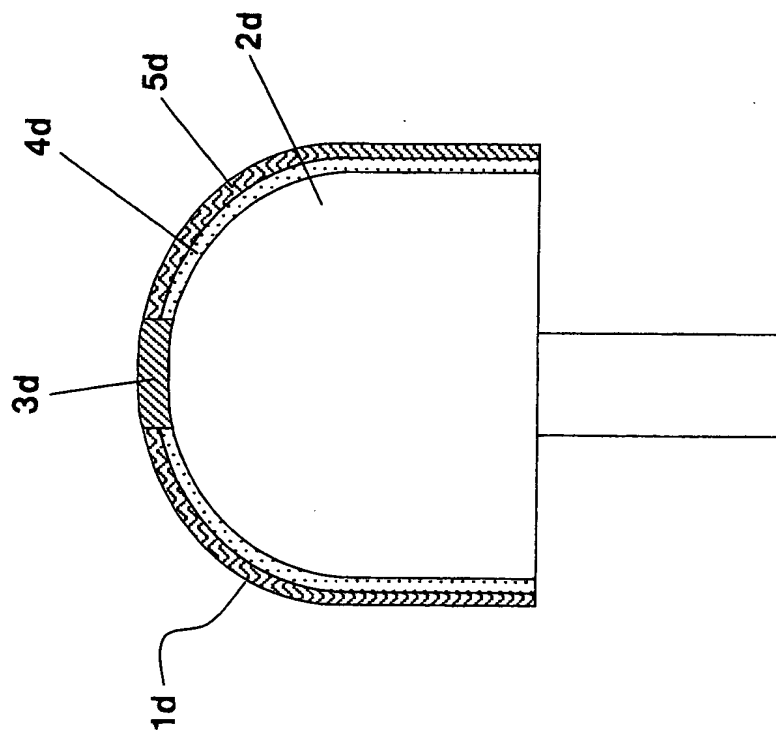


Fig. 5

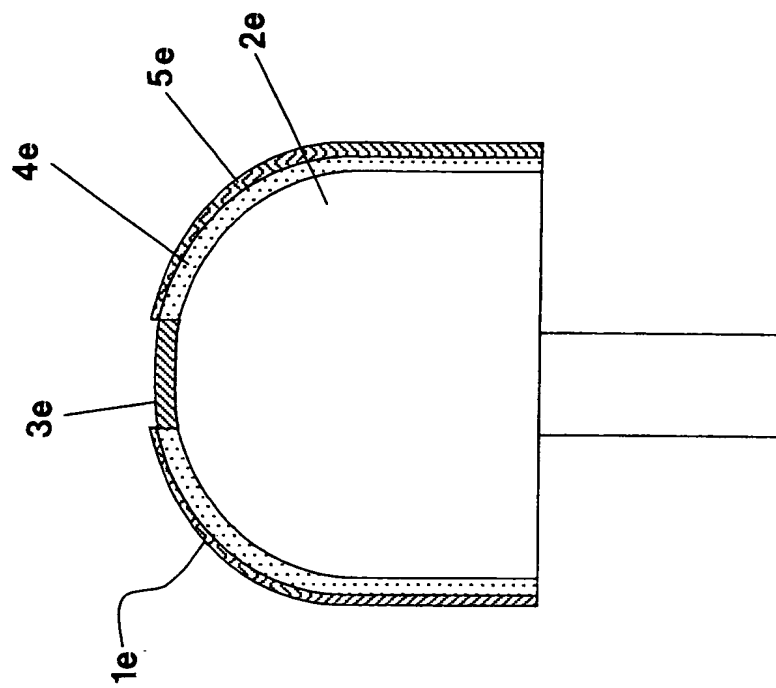


Fig. 6

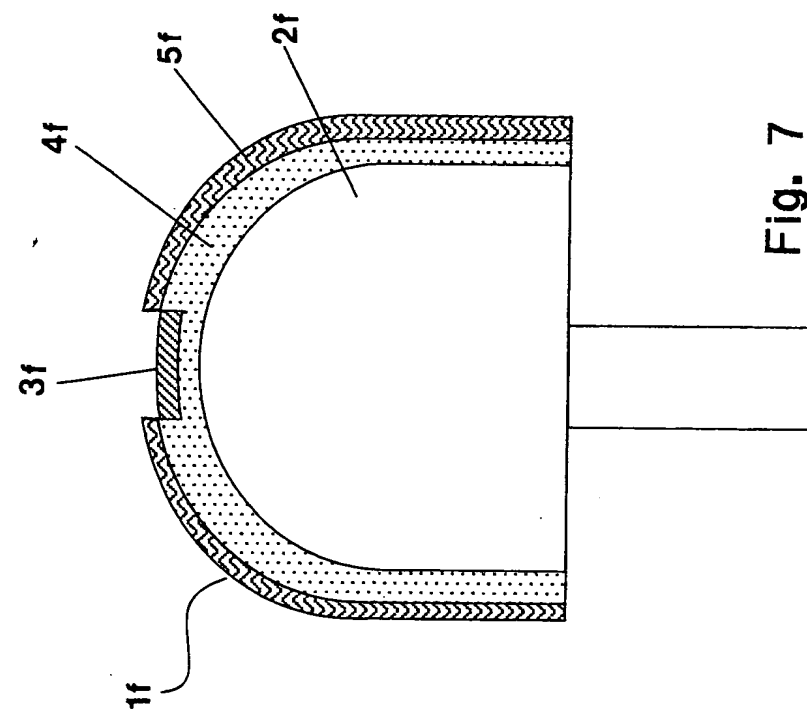


Fig. 7

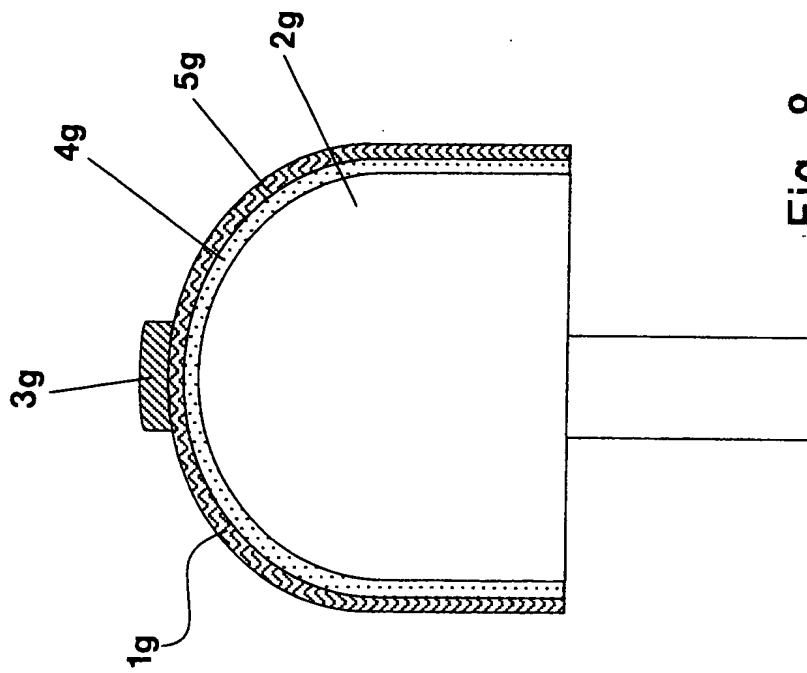


Fig. 8

### **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft eine Stimulationselektrode mit einem elektrisch leitenden Elektroden-  
grundkörper, der teilweise mit einer elektrisch isolierenden Keramikschrift bedeckt ist, wobei  
die Keramikschrift aus einem Oxid und/oder einem Nitrid und/oder einem Oxidnitrid mindes-  
tens eines der Metalle der Gruppe Titan, Niobium, Tantal, Zirkonium, Aluminium und Silizium  
gebildet ist. Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung einer solchen Stimulationselektrode  
und unterschiedliche Verfahren zu ihrer Herstellung.